

УДК 624.074.7

О.В.ПУСТОВОЙТОВ, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

МЕХАНИКА СЛОИСТЫХ СТЕКЛОПЛАСТБЕТОННЫХ ТРУБ

Приводится расчет разработанной конструкции стеклопластбетонной трубы на внутреннее давление. Показано, что стеклопластиковая оболочка заметно разгружает бетонную трубу, повышает ее прочность и трещиностойкость.

Можно получить значительную экономию материалов и стоимости бетонных напорных труб большого диаметра при применении в них предварительного напряжения путем непрерывной навивки на них высокопрочной арматуры (ленты). При этом бетонный сердечник получает предварительное сжатие, а обмотка – растяжение [1].

В Харьковской национальной академии городского хозяйства по такому принципу разработаны напорные стеклопластбетонные трубы, обладающие химической стойкостью, долговечностью, необходимой прочностью.

Одной из основных областей применения разработанных конструкций труб в капитальном строительстве является сооружение подземных напорных трубопроводов, в том числе водоводов для нужд ГЭС, АЭС, мелиорации, коммунального хозяйства и др., где в полной мере используются прочностные и антикоррозионные свойства стеклопластика и где использование традиционных конструкционных материалов неэффективно из-за малого срока службы изделий в условиях агрессивности окружающей среды.

В нашей стране для расчета подземных труб широкое распространение получил метод двух сил, в котором любая нагрузка на трубу приводится к двум вертикальным полосовым нагрузкам, а для кольца единичной ширины – к двум сосредоточенным силам.

Метод двух сил заслуживает критики. Очень многие виды труб не могут дать представления о несущей способности по результатам их испытания по схеме двух сил.

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние такой трубы, изготовленной способом намотки на бетонный сердечник ленточной стеклопластиковой арматуры с предварительным ее напряжением.

Предполагаем, что напряженное состояние стеклопластбетонной толстостенной трубы не изменяется по длине. Поэтому параметры напряженно-деформированного состояния трубы могут быть приняты на основании известного решения Ляме для осесимметричного состояния толстостенной трубы [2].

В отличие от решения Ляме данная задача должна учитывать ра-

боту обеих слоев – бетонного и стеклопластикового.

Поперечное сечение такой трубы приведено на рис.1.

Контактные напряжения между слоями определяем, используя метод сил. Расчетная схема метода сил и неизвестные контактные напряжения между слоями приведены на рис.2.

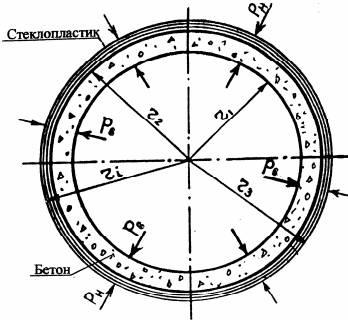


Рис.1 – Схема работы толстостенного цилиндра (трубы) под действием внутреннего (p_v) и наружного (p_n) давлений

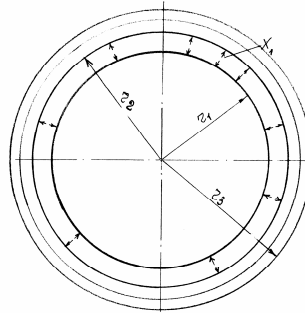


Рис.2 – Основная система метода сил

Каноническое уравнение метода сил запишется в таком виде

$$X_1 \delta_{11} + \Delta_{1p1} = 0, \quad (1)$$

где $\delta_{11} = \delta_{11}^{(1)} + \delta_{11}^{(2)}$; $\delta_{11}^{(1)}$ – перемещение в основной системе в I-ом элементе от $\bar{X}_1 = 1$; $\delta_{11}^{(2)}$ – перемещение в основной системе во II-ом элементе от $\bar{X}_1 = 1$ по направлению действия X_1 ; Δ_{1p1} – перемещение в основной системе от нагрузки P_1 по направлению действия X_1 .

Используя формулы Ляме, находим:

$$\delta_{11}^{(1)} = \frac{1-\nu}{E_2} \cdot \frac{r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot r_2 + \frac{1+\nu}{E} \cdot \frac{r_2^2 r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r_2}; \quad (2)$$

$$\delta_{11}^{(2)} = \frac{1-\nu_2}{E_2} \cdot \frac{r_2^2}{r_3^2 - r_2^2} \cdot r_2 + \frac{1+\nu_2}{E_2} \cdot \frac{r_2^2 r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} \cdot \frac{1}{r_2}; \quad (3)$$

$$\Delta_{1p1} = - \left[\frac{1-\nu}{E} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot r_2 + \frac{1+\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r_2} \right] \cdot P_1 =$$

$$= -\frac{2r_1^2 \cdot r_2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{P_1}{E}. \quad (4)$$

Подставляя значения (2)-(4) в (1), получим:

$$X_1 = \frac{2r_1^2 r_2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{P_1}{E} \left[\frac{1-\nu}{E} \cdot \frac{r_2^3}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{1+\nu}{E} \cdot \frac{r_2 r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} + \right. \\ \left. + \frac{1-\nu_2}{E_2} \cdot \frac{r_2^3}{r_3^2 - r_2^2} + \frac{1+\nu_2}{E_2} \cdot \frac{r_2 r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} \right]^{-1}. \quad (5)$$

Зная контактные напряжения X_1 , можно найти напряжения в бетонной трубе

$$\sigma_\theta = \frac{r_1^2 P_1 - r_2^2 X_1}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{r_1^2 \cdot r_2^2 (P_1 - X_1)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r^2}; \quad (6)$$

$$\sigma_r = \frac{r_1^2 P_1 - r_2^2 X_1}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{r_1^2 r_2^2 (P_1 - X_1)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r^2}. \quad (7)$$

Радиальные перемещения в бетонной трубе будут равны:

$$U = \frac{1-\nu}{E} \cdot \frac{r_1^2 P_1 - r_2^2 X_1}{r_2^2 - r_1^2} \cdot r + \frac{1+\nu}{E} \cdot \frac{r_2^2 \cdot r_1^2 (P_1 - X_1)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r}. \quad (8)$$

Напряжения в стеклопластиковом слое определяются по формулам:

$$\sigma_r = \frac{r_2^2 X_1}{r_3^2 - r_2^2} - \frac{r_2^2 \cdot r_3^2 \cdot X_1}{r_3^2 - r_2^2} \cdot \frac{1}{r_k^2}; \quad (9)$$

$$\sigma_\theta = \frac{r_2^2 \cdot X_1}{r_3^2 - r_2^2} + \frac{r_2^2 r_3^2 X_1}{r_3^2 - r_2^2} \cdot \frac{1}{r_k^2}. \quad (10)$$

Кольцевые напряжения в стеклопластиковом слое получаются растягивающими.

Суммарные кольцевые напряжения в k -м слое стеклопластика будут равны:

$$\sigma_{\theta} = \left[\frac{r_2^2}{r_3^2 - r_2^2} + \frac{r_2^2 r_3^2}{r_k^2 (r_3^2 - r_2^2)} \right] X_1 + \sigma_o + \sum_{j=n-k}^n \left[\frac{r_2^2 X_{1j} - r_{3j}^2 P_j}{r_{3j}^2 - r_2^2} + \frac{r_2^2 r_{3j}^2 (X_{1j} - P_j)}{r_{3j}^2 - r_2^2} \cdot \frac{1}{r_k^2} \right], \quad (11)$$

где σ_o – напряжения в первом слое стеклопластика при намотке; X_1 – контактные напряжения между бетонным сердечником и стеклопластиком, определяемые по формуле (5); n – количество слоев намотки; X_{1j} – контактные напряжения между бетонной трубой и стеклопластиком; r_{3j} – радиус намотки j -го слоя; r_k – радиус k -го слоя намотки.

Суммарные напряжения в бетонной трубе в наиболее опасном сечении от внутреннего давления и обжатия намоткой стеклопластика будут равны:

$$\sigma_{\theta(r=r_1)} = \frac{r_1^2 P_1 - r_2^2 X_1}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{r_2^2 (P_1 - X_1)}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{2\sigma_o r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \left[\frac{\delta}{r_2 + 0,5\delta} + \sum_{j=1}^n \frac{2r_2 (r_2 + \delta \cdot j)^2}{E_2} \times \right. \\ \times \frac{\delta}{r_2 + 0,5\delta + \delta(j-1)} \cdot \left[\frac{1-\nu_2}{E_2} \cdot \frac{r_2^2}{(r_2 + \delta \cdot j)^2 r_2^2} + \right. \\ \left. + \frac{1+\nu_2}{E_2} \cdot \frac{r_2 (r_2 + \delta \cdot j)^2}{(r_2 + \delta \cdot j)^2 - r_2^2} + \frac{1-\nu}{E} \cdot \frac{r_2^3}{r_2^2 - \eta^2} + \right. \\ \left. \left. + \frac{1+\nu}{F} \cdot \frac{r_2^2 \eta^2}{r_2^2 (r_2^2 - \eta^2)} \right]^{-1} \right]. \quad (12)$$

Таким образом, расчеты свидетельствуют, что при достаточном обжатии стеклопластиковой арматурой растягивающие напряжения в бетонной трубе могут вообще не возникнуть.

1.Сенкевич Т.П., Рогальский С.З., Померанец В.Н. Железобетонные трубы. – М.:

Стройиздат, 1989. – 268 с.

2.Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – С.397.

Получено 23.02.2004

УДК 624.131

А.Г.РУДЬ, И.А.РУДЬ, кандидаты техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСИСТЕНЦИИ ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Выполнены исследования методов определения показателя текучести пылевато-глинистых грунтов. Предлагается зависимость для определения показателя текучести прямым методом.

Показатель текучести I_L является основной характеристикой, определяющей консистенцию пылевато-глинистых грунтов. От консистенции зависит степень сопротивления грунта силовым воздействиям.

Согласно действующим строительным нормам [1], в большинстве расчетов оснований, сложенных пылевато-глинистыми грунтами, учитывается значение показателя текучести, определяемого косвенным методом по формуле

$$I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P}, \quad (1)$$

где w_L и w_P – соответственно влажности на границе текучести и границе пластичности; w – влажность исследуемого грунта.

Консистенция на границе текучести соответствует установленному ГОСТом значению пластической прочности грунта, подготовленного в виде пасты, при внедрении в него конусного штампа. Метод вполне обоснован, не вызывает сомнений и отличается высокой точностью результатов.

Метод определения границы пластичности посредством раскатывания грунта в шнур обладает недостатками, которые заключаются в следующем:

- отсутствует строгая стандартизация испытания;
- поверхность и середина грунта, раскатанного в шнур, имеют различную влажность и, следовательно, разную консистенцию;
- низкопластичные пылевато-глинистые грунты трудно раскатать в шнур, но, даже при удачной попытке, консистенция грунта в этом случае не будет соответствовать условиям границы пластичности;